



⑤2

Deutsche Kl.: 21 c, 1/02

⑩

⑪

Offenlegungsschrift 2 301 425

⑫

Aktenzeichen: P 23 01 425.7

⑬

Anmeldetag: 12. Januar 1973

⑭

Offenlegungstag: 18. Juli 1974

Ausstellungspriorität: —

⑳

Unionspriorität

㉑

Datum: —

㉒

Land: —

㉓

Aktenzeichen: —

㉔

Bezeichnung: Supraleitendes Kabel

㉕

Zusatz zu: —

㉖

Ausscheidung aus: —

㉗

Anmelder: Felten & Guillaume Kabelwerke AG, 5000 Köln

Vertreter gem. § 16 PatG: —

㉘

Als Erfinder benannt: Spechtmeyer, Horst Wolfgang, Dipl.-Phys.,
5600 Wuppertal-Gronenberg

㉙

Rechercheantrag gemäß § 28 a PatG ist gestellt

Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht zu ziehende Druckschriften:

DT-AS 2 026 951

DT-OS 2 111 515

Zeitschrift Naturwissenschaften, Bd. 57,
1970, Heft 9, S. 418 bis 422

DT 2 301 425

2301425

Anmelder: Welten & Gulleaume Kabelwerke
Aktiengesellschaft
5 Köln 80
Schanzenstraße

5 Köln-Mülheim, den 8. Januar 1973

Fl 4093
Ho/Zu

Supraleitendes Kabel

Die Erfindung bezieht sich auf ein supraleitendes Kabel, bestehend aus mindestens einem metallischen Hohlleiter, beispielsweise aus einem Trägermaterial wie Kupfer oder Aluminium, mit einer supraleitenden Schicht, z.B. aus Niob oder einer Niobierung, einem den Hohlleiter umschließenden Rohr und einem diesen konzentrisch umschließenden Mantelrohr aus Metall, wobei der Zwischenraum zwischen dem den Hohlleiter umschließenden Rohr und dem Mantelrohr evakuiert ist.

Bei einem derartigen Kabel können auch drei Hohlleiter konzentrisch zueinander angeordnet sein, oder es können drei Hohlleiter

709829/0525

2301425

ter im Dreieck angeordnet sein, wobei konzentrisch um jeden der drei je ein weiterer Hohlleiter bzw. um alle drei Hohlleiter gemeinsam ein weiterer Hohlleiter angeordnet ist. Zwischen den einzelnen Hohlleitern befindet sich die Isolierung (z.B. Vakuum). Zur Abkühlung des supraleitenden Materials auf eine Temperatur unterhalb der Sprungtemperatur fließt außerhalb der äußeren Hohlleiter und eventuell innerhalb der inneren Hohlleiter flüssiges Helium, welches eine Temperatur von 4 bis 5 K hat. Um das Hohlleitersystem befindet sich die sogenannte Kryohülle, die aus einer weiteren Kühlflüssigkeit, z.B. flüssiger Stickstoff, aus Strahlungsschirmen und aus Vakuum besteht. Das äußere Mantelrohr des Supraleitungskabels ist bei Erdverlegung mit einer Korrosionsschutzschicht versehen.

Derart bekannte supraleitende Kabel haben gegenüber konventionellen Hochspannungs-Energiekabeln den Vorteil, daß wesentlich geringere elektrische Verluste auftreten. Dieser Vorteil wird aber dadurch eingeschränkt, daß zur Abkühlung des Leiters auf Temperaturen unterhalb der Sprungtemperatur und zum Aufrechterhalten dieser Temperaturen große Mengen flüssigen Heliums in einer bestimmten Zeiteinheit benötigt werden. Je größer die Masse des Leiters ist, desto mehr flüssiges Helium ist erforderlich, um den Leiter derart abzukühlen, daß er supraleitend wird. Bei diesem Abkühlprozeß des Leiters kann das flüssige Helium durch den Kontakt mit dem wärmeren Leiter ständig verdampfen, so daß der Leiter nicht supraleitend wird. Indem nun größere Mengen flüssigen Heliums pro Zeiteinheit durch den Leiter geleitet werden und außerdem der Leiter durch Strahlung von einem mit flüssigem Stickstoff umspülten Strahlungsschirm vorgekühlt wird, gelingt es, den Leiter auf Temperaturen unterhalb des sogenannten Sprungpunktes, d.h. den supraleitenden Zustand abzukühlen. Der bei diesem Verfahren erforderliche Aufwand ist außerordentlich hoch und nur mit Hilfe von zusätzlichen aufwendigen

409829/0525

2301425

und damit kostspieligen Kühlvorrichtungen und einem großen Kühlmittelbedarf realisierbar.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein supraleitendes Kabel der einkangs beschriebenen Art zu schaffen, das mit relativ geringer Kühlleistung, d.h. ohne zusätzliche Vorkehrung und ohne einen gesteigerten Kühlmedumdurchfluß, auf eine Temperatur unterhalb des Sprungpunktes abgekühlt und auf dieser Temperatur gehalten werden kann.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß an der dem Kühlmedium zugekehrten Umfangsfläche des Hohlleiters und des diesen umschließenden Rohres eine Schicht mit größerem thermischen Widerstand als der des Hohlleiters, z.B. aus Kupfer oder Aluminium, und mindestens ein thermisch und elektrisch isoliertes, konzentrisches Strahlungsschild mit beidseitig metallischer Oberfläche zwischen dem den Hohlleiter umgebenden Rohr und dem Mantelrohr angeordnet sind.

Erfindungsgemäß wird somit einerseits erreicht, daß das flüssige Helium nicht in direkten Kontakt mit dem Kupfer oder Aluminium kommt, und andererseits die aufwendende Erwärmung des Leitersystems durch Wärmestrahlung von außen durch Strahlungsschilde verhindert wird. Die Schicht mit dem größeren Wärmewiderstand verhindert einen zu großen und zu schnellen Wärmeeintzug des Kühlmediums durch den metallischen Leiter, so daß die Verdampfungsgefahr des beispielsweise aus flüssigem Helium bestehenden Kühlmediums wesentlich verringert wird.

Dabei ist jedoch darauf zu achten, daß die Dicke der thermisch isolierenden Schicht nicht so groß ist, daß die Temperaturdifferenz zwischen dem Kühlmedium und dem Leiter aufgrund eines zu großen Wärmewiderstands der Schicht eine derartige Größe einnimmt, daß der Leiter nicht mehr supraleitend werden kann.

409829/0525

2301425

Erfindungsgemäß kann es vorteilhaft sein, wenn die Schicht, mit einem größeren thermischen Widerstand als der metallische Hohlleiter, aus einem auch bei tiefen Temperaturen haftfesten und elastischen Kunststoff besteht. Diese Kunststoffsicht kann z.B. durch ein elektrostatisches Pulver- oder Tauchverfahren aufgebracht werden.

Weiterhin kann erfindungsgemäß die Außenfläche des den Hohlleiter umschließenden Rohres sowie die Innenfläche des Mantelrohres eine derart metallische Oberfläche aufweisen, daß die Emissionszahlen des den Hohlleiter umschließenden Rohres, des Strahlungsschilds und des Mantelrohres gleich groß und zudem sehr klein gegen Eins sind.

Dadurch, daß die Emissionszahlen des den Hohlleiter umschließenden Rohres (e_L), des Mantels (e_M) und des Strahlungsschilds (e_S) oder mehrerer Strahlungsschilde gleich und sehr klein gegen Eins sind,

$$e_M \approx e_L \approx e_S \approx E \ll 1,$$

ergibt sich als Strahlungsenergie pro Sekunde \dot{Q} zwischen dem Mantel mit der Temperatur T_2 und der Fläche A_2 und dem den Hohlleiter umschließenden Rohr mit der Temperatur T_1 und der Fläche A_1 :

$$\dot{Q} = \mathcal{C} \cdot \frac{E}{2(n+1)} \cdot (A_2 T_2^4 - A_1 T_1^4).$$

Dabei ist \mathcal{C} eine Konstante und beträgt $5,67 \cdot 10^{-12} \text{ W} \cdot \text{cm}^2 \cdot \text{K}^{-4}$. Wie sich aus der vorstehenden Gleichung ergibt, ist für $E \ll 1$, d.h. blanke, isolierte Oberflächen, und eine größere Anzahl n von Strahlungsschilden die Wärmestrahlung auf das Leitersystem stark vermindert.

409829/0525

2301425

Anhand des in der beiliegenden Zeichnung dargestellten Ausführungsbeispiels wird die Erfindung näher erläutert.

Zwei Hohlleiter 1, die als Hin- und Rückleiter dienen, sind konzentrisch ineinander angeordnet. Auf der Innenfläche des Außenleiters befindet sich eine Schicht 2. Zwischen der supraleitenden Schicht 2 und der Außenfläche des Innenleiters befindet sich eine Schicht 3. Im dargestellten Beispiel sind drei solcher Hin- und Rückleiterpaare im Dreieck angeordnet und stellen die drei Phasen eines Drehstromsystems dar. Auf der Außenfläche der äußeren Hohlleiter und auf der Innenfläche eines das Leitersystem umschließenden Rohres 4 befindet sich eine Schicht 5 mit einem größeren thermischen Widerstand als dem der Hohlleiter z.B. aus Kupfer oder Aluminium, beispielsweise eine Kunststoffschicht, die auch bei den auftretenden tiefen Temperaturen noch ausreichend elastisch und hartfähig ist. Das Abkühlen des Leitersystems unter den sogenannten Sprungpunkt, d.h. in den supraleitenden Bereich, erfolgt beispielsweise mit der drei äußeren Leiter umspülendem flüssigen Helium 6, das mit Hilfe von nicht dargestellten Kühlvorrichtungen auf ca. 4 bis 5°K abgekühlt wird. Der Raum zwischen dem das Leitersystem umschließenden Rohr 4 und einem Mantelrohr 7 ist evakuiert und stellt eine thermische Isolation des Leitersystems dar. Um die vom Mantel auf das Leitersystem einwirkende Wärmestrahlung weitgehend klein zu halten, sind in dem evakuierten Zwischenraum thermisch und elektrisch isolierte, konzentrische Strahlungsschilde 8 angeordnet. Im dargestellten Beispiel befinden sich vier derartige Strahlungsschilde 8 zwischen dem das Leitersystem umschließenden Rohr 4 und dem Mantelrohr 7. Diese Strahlungsschilde sollen genauso wie die Rohre 4 und 7 blankpolierte Oberflächen haben, so daß niedrige, gleiche Emissionszahlen erreicht werden.

2301425

Dieser vorstehende erfindungsgemäße Aufbau eines supraleitenden Kabels macht es notwendig, die Innenfläche des Mantelrohres 7, die Außenfläche des das Leitersystem umschließenden Rohres 4 und die Flächen der Strahlungsschilde 8 galvanisch, chemisch oder mechanisch zu behandeln, so daß die gewünschten niedrigen, gleichen Emissionszahlen zu erzielen sind.

Das Mantelrohr ist bei Erdverlegung des Kabels außerdem mit einem nicht dargestellten Korrosionsschutz wie z.B. mit einer vier Millimeter dicken PVC-Schicht umgeben.

409829/0525

2301425

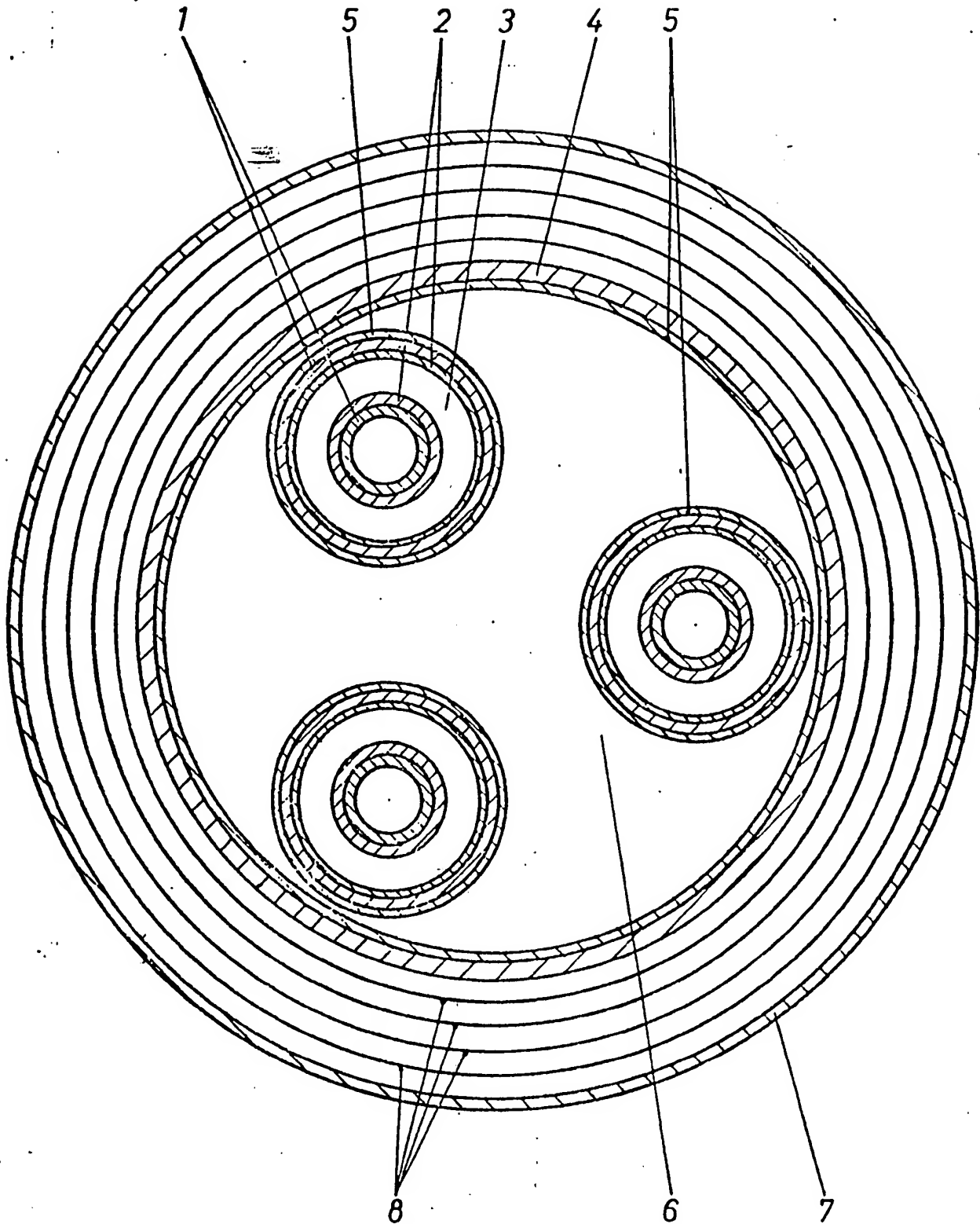
Ansprüche:

1. Supraleitendes Kabel, bestehend aus mindestens einem z.B. von flüssigem Helium umspülten, metallischen Hohlleiter mit supraleitender Schicht, einem den Hohlleiter umschließenden Rohr und einem dieses konzentrisch umschließenden Mantelrohr aus Metall, wobei der Zwischenraum zwischen dem den Hohlleiter umschließenden Rohr und dem Mantelrohr evakuiert ist, g e - k e n n z e i c h n e t durch eine auf der dem Kühlmedium zugekehrten Umfangsfläche des Hohlleiters (1) und des diesen umgebenden Rohres (4) angeordneten Schicht (5), mit einem größeren thermischen Widerstand als der metallische Hohlleiter (1), und mindestens einem zwischen dem den Hohlleiter (1) umgebenden Rohr (4) und dem Mantelrohr (7) konzentrisch angeordneten, thermisch und elektrisch isolierten Strahlungsschild (8) mit beidseitig metallischer Oberfläche.
2. Supraleitendes Kabel nach Anspruch 1, d a d u r c h g e - k e n n z e i c h n e t, daß die Schicht (5) mit einem größeren thermischen Widerstand als der Hohlleiter (1) aus einem auch bei tiefen Temperaturen haftfesten und elastischen Kunststoff besteht.
3. Supraleitendes Kabel nach Anspruch 2, d a d u r c h g e - k e n n z e i c h n e t, daß die Außenfläche des den Hohlleiter (1) umschließenden Rohres (4) und die Innenfläche des Mantelrohres (7) eine derart metallische Oberfläche haben, daß die Emissionszahlen des den Hohlleiter (1) umgebenden Rohres (4), des Strahlungsschilds (8) und des Mantelrohres (7) gleichgroß und klein gegen Eins sind.

2301425

4. Supraleitendes Kabel nach einem oder mehreren der Ansprüche 1-3, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß drei Hohlleiter (1) innerhalb des Rohres (4) im Dreieck oder konzentrisch zueinander angeordnet sind.

409829/0525



409829/0525